

(19) 日本国特許庁 (J P)

# (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-113617

(43) 公開日 平成7年(1995)5月2日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>  
G01B 11/06

識別記号  
Z

F I

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全9頁)

(21) 出願番号 特願平5-257255  
(22) 出願日 平成5年(1993)10月14日

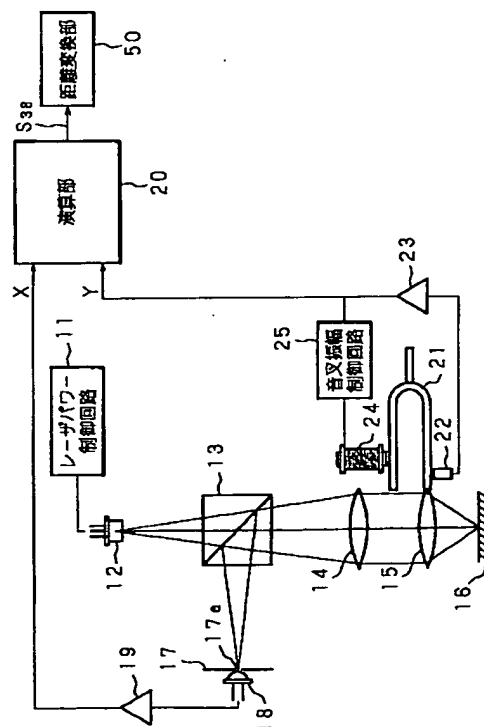
(71) 出願人 000129253  
株式会社キーエンス  
大阪府高槻市明田町2番13号  
(72) 発明者 秋柴 雄二  
大阪府高槻市明田町2番13号 株式会社キ  
ーエンス内  
(72) 発明者 秋山 雅彦  
大阪府高槻市明田町2番13号 株式会社キ  
ーエンス内  
(72) 発明者 中塚 均  
大阪府高槻市明田町2番13号 株式会社キ  
ーエンス内  
(74) 代理人 弁理士 河野 登夫

(54) 【発明の名称】 変位計及び変位測定方法、厚み計

(57) 【要約】

【目的】 被測定物の表面の変位を高精度、高速度に測定する。

【構成】 被測定物16に光を投射するレーザダイオード12と、レーザダイオード12と被測定物16との間に配した対物レンズ15と、対物レンズ15を振動させる音叉21と、被測定物16からの反射光が通過するピンホール17aと、ピンホール17aを通った光を受光するフォトダイオード18と、フォトダイオード18の受光量最大時点で、対物レンズ15の検出位置信号を捉える演算部20と、捉えた検出位置信号に基づいて距離に変換する距離変換部50とを備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 発光部が出射した光を対物レンズを通して被測定物に投射し、被測定物からの反射光を受光して、受光した受光量に基づいて被測定物の表面の変位を測定する変位計において、前記対物レンズを所定振幅で振動させる加振部と、対物レンズの位置を検出する位置検出部と、被測定物からの反射光が通過する光絞り部と、該光絞り部を通った光を受光する受光部と、前記位置検出部の検出位置信号を、前記受光部の受光量の最大時点で捉える手段と、捉えた検出位置信号に基づいて被測定物の表面の変位を求める手段とを備えることを特徴とする変位計。

【請求項 2】 前記加振部を、対物レンズを連結した音叉と、該音叉を駆動するソレノイドとにより構成してある請求項 1 記載の変位計。

【請求項 3】 前記加振部を、対物レンズと連結した音叉と、該音叉に取付けた圧電素子とにより構成してある請求項 1 記載の変位計。

【請求項 4】 前記加振部の音叉の一侧に対物レンズを連結し、音叉の他側に前記対物レンズと同一光軸上に配置したコリメートレンズを連結してある請求項 1 記載の変位計。

【請求項 5】 前記光絞り部を、ピンホールにより形成して構成してある請求項 1 記載の変位計。

【請求項 6】 前記光絞り部を、スリットにより構成してある請求項 1 記載の変位計。

【請求項 7】 被測定物へ投射した光の反射光を受光して被測定物の表面の変位を測定する方法において、被測定物へ投射する光が通過する対物レンズを、前記光の光軸方向へ振動させ、振動させた対物レンズの位置を検出し、被測定物からの反射光の光量最大時点で対物レンズの位置を捉え、捉えた位置に基づいて被測定物の表面の変位を求めることを特徴とする変位測定方法。

【請求項 8】 被測定物に対し光を出射する発光部と、前記光が通過する対物レンズと、該対物レンズを振動させる加振部と、前記対物レンズの位置を検出する位置検出部と、被測定物からの反射光を受光する受光部と、前記位置検出部の検出位置信号を、前記受光部の受光量の極大値が相前後して生じた夫々の時点で捉える手段と、捉えた検出位置信号に基づいて被測定物の厚みを求める手段とを備えていることを特徴とする厚み計。

【請求項 9】 前記加振部を、対物レンズと連結した音叉と、該音叉を駆動するソレノイドにより構成してある請求項 8 記載の厚み計。

【請求項 10】 前記加振部を、対物レンズと連結した音叉と、該音叉に取付けた圧電素子とにより構成してある請求項 8 記載の厚み計。

【請求項 11】 前記加振部の音叉の一侧に対物レンズを連結し、音叉の他側に前記対物レンズと同一光軸上に配置したコリメートレンズを連結してある請求項 8 記載

の厚み計。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、例えば金属、樹脂、紙、セラミック等の被測定物の表面に光を投射して、被測定物の表面の変位を測定する変位計及び変位測定方法、同様の測定原理を用いて被測定物の厚みを測定する厚み計に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 金属、樹脂等の被測定物の表面の変位を測定する装置には、例えば合焦点検出型非接触変位計が実用されている。図14は、雑誌「光技術コンタクト Vol. 26, No. 11 (1988)」第775 頁に示されているフーコー法による合焦点検出型非接触変位計の模式的構成図である。レーザダイオード 1 の出射光は、コリメートレンズ 2 と光波分割プリズム 3 と、対物レンズ 4 とを通過して被測定物 5 へ投射される。

【0003】 被測定物 5 からの反射光は、光波分割プリズム 3 で反射した後、光波分割プリズム 6 を通り、被測定物 5 に投射した光の合焦点を検出する、夫々が 2 分割のホトダイオード 7a, 7b へ入射する。ホトダイオード 7a, 7b で光電変換された電気信号は差動アンプ 8 へ入力される。制御部 9 はレンズ位置制御回路 9a とデータ処理回路 9b と表示回路 9c とで構成されており、レンズ位置制御回路 9a には差動アンプ 8 の出力信号が入力される。レンズ位置制御回路 9a から出力される制御信号は、対物レンズ 4 を光軸方向へ上、下動させる電磁コイル 10 へ与えられる。

【0004】 次にこの非接触変位計の動作を説明する。レーザダイオード 1 から被測定物 5 へ光を投射すると、被測定物 5 からの反射光は光波分割プリズム 3 で反射してホトダイオード 7a, 7b へ入射する。ここで対物レンズ 4 と被測定物 5 との距離が変化すると、被測定物からの反射光束の広がり角が変化して、ホトダイオード 7a, 7b の受光量に差が生じる。そして差動アンプ 8 から受光量の差に応じた信号が出力されてレンズ位置制御回路 9a へ入力される。そして、被測定物 5 に、レーザダイオード 1 からの出射光の合焦点が生じたときにはホトダイオード 7a, 7b の各受光量が等しくなり、差動アンプ 8 の出力信号が消滅する。

【0005】 このようにして、ホトダイオード 7a, 7b の受光量に基づいてレーザダイオード 1 が出射した光の合焦点が被測定物に生じているか否かを検出することになる。そこでホトダイオード 7a, 7b の受光量が等しくなるように、つまり被測定物に合焦点が生じるようにレンズ位置制御回路 9a からの制御信号により電磁コイル 10 を駆動して対物レンズ 4 の位置を上、下動させれば、対物レンズを上下動させる制御量が被測定物の表面の変位に対応することになり、その制御量により、被測定物の表面の変位を測定している。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】しかし乍ら、被測定物 5 に投射した光が被測定物 5 の内部に潜り込む、所謂潜り光が発生した場合は、被測定物 5 の表面には潜り光による 3 次元の光の拡がりが生じることによって、2 つのホトダイオード 7a, 7b の夫々は合焦点が生じている光と、潜り光により拡がっている光とを受光することになり、ホトダイオード 7a, 7b の受光量に差が生じる。

【 0 0 0 7 】一方、それとは別にレーザダイオード 1 内で迷光が発生している場合は、被測定物 5 の表面に合焦点が生じている位置の近くに迷光が投射され、そのため 2 つのホトダイオード 7a, 7b は、合焦点が生じている光と、迷光による光とを受光して、この場合もホトダイオード 7a, 7b の受光量に差が生じる。そのため、潜り光又は迷光が生じている場合には、レーザダイオード 1 が射出した光の合焦点が被測定物 5 に生じていても、2 つのホトダイオード 7a, 7b の受光量が等しくならず、被測定物 5 の表面の変位を測定した値に誤差が生じるという問題がある。

【 0 0 0 8 】本発明は斯かる問題に鑑み、被測定物に潜り光が生じている場合、又はレーザダイオードに迷光が生じている場合でも被測定物の表面の変位を誤差なく測定できる変位計及び変位測定方法、同様の測定原理を用いる厚み計を提供することを目的とする。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】第 1 発明に係る変位計は、発光部が出射した光を対物レンズを通して被測定物に投射し、被測定物からの反射光を受光して、受光した受光量に基づいて被測定物の表面の変位を測定する変位計において、前記対物レンズを所定振幅で振動させる加振部と、対物レンズの位置を検出する位置検出部と、被測定物からの反射光が通過する光絞り部と、該光絞り部を通った光を受光する受光部と、前記位置検出部の検出位置信号を、前記受光部の受光量の最大時点で捉える手段と、捉えた検出位置信号に基づいて被測定物の表面の変位を求める手段とを備えることを特徴とする。

【 0 0 1 0 】第 2 発明に係る変位測定方法は、被測定物へ投射した光の反射光を受光して被測定物の表面の変位を測定する方法において、被測定物へ投射する光が通過する対物レンズを、前記光の光軸方向へ振動させ、振動させた対物レンズの位置を検出し、被測定物からの反射光の光量最大時点で対物レンズの位置を捉え、捉えた位置に基づいて被測定物の表面の変位を求めることを特徴とする。

【 0 0 1 1 】第 3 発明に係る厚み計は、被測定物に対し光を出射する発光部と、前記光が通過する対物レンズと、該対物レンズを振動させる加振部と、前記対物レンズの位置を検出する位置検出部と、被測定物からの反射光を受光する受光部と、前記位置検出部の検出位置信号を、前記受光部の受光量の極大値が相前後して生じた夫

々の時点で捉える手段と、捉えた検出位置信号に基づいて被測定物の厚みを求める手段とを備えることを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

【作用】第 1 発明では、対物レンズを光軸方向に所定振幅で振動させると、対物レンズと被測定物との距離が変化する。対物レンズと被測定物とが所定距離に達したとき、被測定物へ投射した光の合焦点が被測定物に生じる。被測定物からの反射光が光絞り部へ投射されて、潜り光及び迷光によって被測定物に生じた反射光が遮られる。そして合焦点が生じている合焦点位置からの反射光のみが光絞り部を通過し、それを受光部が受光し、受光部の受光量が最大になる。そして、受光量が最大になった時点の対物レンズの位置が、光学系の基準位置から被測定物までの距離に対応する。被測定物を光軸と直交する方向へ移動させると被測定物の表面の変位を測定できる。これにより、受光量の最大時点における対物レンズの位置により、被測定物の表面の変位を測定できる。光絞り部により、潜り光、迷光による反射光が遮られるから変位を誤差なく測定できる。

【 0 0 1 3 】第 2 発明では、図 1 に示すようにレーザダイオード C からの出射光をビームスプリッタ D、コリメートレンズ L、対物レンズ A を通して被測定物 B に投射する。対物レンズ A を所定振幅で矢符で示す光軸方向に振動させると、対物レンズ A の位置は図 2 に示す曲線 Q のように変化する。そして対物レンズ A と被測定物 B との距離が変化する。被測定物 B からの反射光はビームスプリッタ D で反射して光絞り部 F を通って受光部 E に入射する。対物レンズ A の振動の 1 周期内に、被測定物 B に投射した光の合焦点が被測定物 B 上に 2 回生じ、合焦点が生じる都度、受光部 E の受光量が最大になる。即ち、対物レンズ A と被測定物 B とが所定距離になったときに被測定物 B 上に合焦点が生じる。

【 0 0 1 4 】そこで、被測定物 B の表面の変位（高さ）が高、中、低の 3 段階であるとして、その低の高さ位置に光を投射している場合は、対物レンズ A が被測定物 B に最接近する前、後の各時点で被測定物 B に合焦点が生じて受光部 E の受光量が最大となり、図 3 (a) に示すように合焦点検出信号 Z、Z が発生する。また、中の高さ位置に光を投射している場合は、対物レンズ A が被測定物 B に最接近する時点と、最離反する時点との中間時点で被測定物 B に合焦点が生じて受光部 E の受光量が最大となり、図 3 (b) に示すように合焦点検出信号 Z、Z が発生する。更に、高の高さ位置に光を投射している場合は、対物レンズ A が被測定物 B に最離反する前、後の各時点で、被測定物 B に合焦点が生じて受光部 E の受光量が最大となり、図 3 (c) に示すように合焦点検出信号 Z、Z が発生する。これにより、合焦点検出信号 Z、Z が発生した時点の対物レンズ A の位置、つまり対物レンズ A の振幅が光学系の基準位置から被測定物までの距離

に対応し、被測定物Bを光軸と直交する方向へ移動させると、被測定物Bの表面の変位を測定できる。

【0015】第3発明では、対物レンズを光軸方向に所定振幅で振動させると、対物レンズと被測定物との距離が変化する。被測定物が透光性の板状であると、対物レンズと対向している被測定物の両面夫々で、被測定物に投射している光が強く反射し、受光部の受光量の極大値が相前後して2回生じる。受光量の極大値が相前後して2回生じた夫々の時点の対物レンズの位置に関連している検出位置信号が、光学系の基準位置から被測定物の両面夫々までの距離に対応する。受光量の極大値が相前後して生じた夫々の時点の対物レンズの位置に関連している検出位置信号の差が被測定物の厚みに対応する。これにより、検出位置信号の差から被測定物の厚みを測定できる。

【0016】

【実施例】以下本発明をその実施例を示す図面により詳述する。図4は本発明に係る変位計の模式的構成図である。レーザパワー制御回路11で駆動されるレーザダイオード12の出射光は、ビームスプリッタ13と、コリメートレンズ14と対物レンズ15とを順次通過して、被測定物16に投射されるようになっている。被測定物16からの反射光は対物レンズ15と、コリメートレンズ14とを通過してビームスプリッタ13で反射し、ピンホール17aを形成している光絞り部17のピンホール17aを通過してフォトダイオード18へ入射するようになっている。ピンホール17aの大きさφは、次式により可及的に微小な径になすべく選定している。

$$\phi = 0.61 \times \text{レーザダイオードの光の波長} / \text{NA} \quad \dots (1)$$

但し、NA、即ち開口数は光学系で示される定数

【0017】フォトダイオード18で光電変換した信号は増幅器19へ入力され、その出力信号Xは演算部20へ入力されるようになっている。U字状をした音叉21の一側長寸部の先端には対物レンズ15の周縁部分が取付けられている。対物レンズ15は、音叉21の振動により、レーザダイオード12の出射光の光軸方向に所定振幅で振動させられるようになっている。音叉21の一側長寸部の先端側の側方には、例えば磁気、光又は静電容量を利用したセンサからなる、位置検出部たる音叉振幅検出器22が配設されていて、音叉21の振幅、つまり対物レンズ15の位置を検出するようになっている。音叉振幅検出器22が検出した検出振幅信号は増幅器23へ入力され、その出力信号Yは演算部20へ入力される。音叉21の他側長寸部の先端側の側方には、音叉21を振動させるためのソレノイド24が配設されている。

【0018】ソレノイド24には音叉振幅制御回路25からの制御電流が供給され、音叉振幅制御回路25には増幅器23の出力信号が与えられて音叉21の振幅を一定になすべく制御されるようになっている。なお音叉21は、例えば800Hz、振幅が±0.3mmで振動するようになっている。

演算部20で捉えて出力される変位信号は距離変換部50へ入力されるようになっている。

【0019】図5は演算部20の構成を示すブロック図である。演算部20へ入力される増幅器19（図4参照）の出力信号Xは微分器30と、第1の比較器31の正入力端子+とに入力される。比較器31の負入力端子-には基準電圧 $V_{ref}$ が入力される。微分器30の出力信号 $S_{11}$ は第2の比較器32の負入力端子-へ入力される。比較器32の正入力端子+は接地されている。比較器31、32の出力信号 $S_{11}$ 、 $S_{12}$ はAND回路33の一側入力端子、他側入力端子へ各別に入力され、その出力信号 $S_{13}$ はワンショットパルス発生回路34へ入力される。ワンショットパルス発生回路34が出力するワンショットパルス $S_{14}$ は、オン、オフ制御信号としてスイッチSWへ与えられる。

【0020】増幅器23（図4参照）からの出力信号Yは、増幅器35と、スイッチSWとを介して増幅器36へ入力される。増幅器36の入力側はコンデンサ37を介して接地されている。増幅器36とコンデンサ37とによりサンプルホールド回路38を構成しており、増幅器36から変位信号 $S_{14}$ が出力されるようになっている。

【0021】次にこのように構成した変位計の動作を説明する。音叉振幅制御回路25からソレノイド24に電流を供給すると、ソレノイド24により磁界が発生する。この発生磁界により音叉21が所定振幅で振動し、対物レンズ15を、それを通る光の光軸方向へ振動させる。音叉振幅検出器22は音叉21の振幅、即ち対物レンズ15の振幅を検出し、対物レンズ15の振幅たる正弦波信号を出力する。この正弦波信号を、増幅器23で増幅し、増幅器23から出力される出力信号Yを演算部20へ入力させる。

【0022】一方、レーザパワー制御回路11からレーザダイオード12に駆動電流を供給すると、レーザダイオード12はレーザ光を出射する。この出射光はビームスプリッタ13、コリメートレンズ14及び対物レンズ15を通過して被測定物16へ投射される。被測定物16で反射した反射光は対物レンズ15とコリメートレンズ14を通過してビームスプリッタ13で反射して光絞り部17側へ投射され、ピンホール17aを透過した光のみがフォトダイオード18へ入射する。そのため、フォトダイオード18には、被測定物16で生じた潜り光及びレーザダイオード12で発生した迷光による反射光はピンホール17aで遮られてピンホール17aを通らずフォトダイオード18には、被測定物16に生じた合焦点の光のみが入射することになる。

【0023】ところで、対物レンズ15が振動させられているために、対物レンズ15と被測定物16との距離が変化し、所定距離に達した時点で、被測定物16に投射した光の合焦点が被測定物16に生じると、フォトダイオード18の受光出力は瞬時に最大となり、この受光出力に応じた信号が増幅器19へ入力され、増幅器19から図6(a)に示す出力信号Xが出力され演算部20へ入力される。

【0024】このようにして出力信号X、出力信号Yが

演算部20へ入力されると、出力信号Xは微分器30により微分されて微分器30から図6(b)に示すような逆S字状をした微分波形の出力信号 $S_{10}$ が出力される。そして出力信号Xの最大値が、出力信号 $S_{10}$ のゼロクロス時点Tにより検出されて、被測定物16に投射した光の合焦点が生じた時点を正確に検出することになる。この出力信号 $S_{10}$ が比較器32へ入力され、比較器32は出力信号 $S_{10}$ と接地電位とを大小比較して、比較器32から出力信号 $S_{11}$ のゼロクロス時点Tで立上り、出力信号 $S_{10}$ の負の半周期の期間に対応するパルス幅の図6(d)に示すパルスの出力信号 $S_{12}$ を出力する。

【0025】一方、比較器31は、出力信号Xと基準電圧 $V_{ref}$ とを大小比較し、比較器31から、出力信号Xが基準電圧 $V_{ref}$ 以上にある期間に対応するパルス幅の図6(c)に示す出力信号 $S_{11}$ を出力する。これらの出力信号 $S_{11}$ 、 $S_{12}$ の論理が成立するとAND回路33から図6(e)に示すパルスの出力信号 $S_{13}$ を出力して、ワンショットパルス発生回路34へ入力する。それによりワンショットパルス発生回路34は、出力信号 $S_{13}$ の立上りに同期して立上る図6(f)に示すワンショットパルス $S_{14}$ を出力する。そしてこのワンショットパルス $S_{14}$ によりスイッチSWをオンさせる。

【0026】そうすると、出力信号Yを増幅した増幅器35の出力信号YがスイッチSWを介してサンプルホールド回路38へ入力され、サンプルホールド回路38は出力信号Yの信号レベルをサンプリングして保持し、増幅器35で増幅して変位信号 $S_{15}$ を出力する。これにより出力信号 $S_{15}$ のゼロクロス時点における出力信号Yのレベル、即ち対物レンズ15の振幅をサンプリングすることになる。そしてサンプリングした変位信号 $S_{15}$ を距離変換部50へ入力して、変位信号 $S_{15}$ を、変位信号 $S_{15}$ に応じた距離に変換して、被測定物16の表面の変位を測定する。

【0027】図7は出力信号Y、ワンショットパルス $S_{14}$ 及び変位信号 $S_{15}$ のタイミングチャートである。前述したように対物レンズ15の位置(振幅)に対応して図7(a)に示すように出力信号Yが変化しているときに、被測定物16に合焦点が生じた時点で図7(b)に示すワンショットパルス $S_{14}$ が発生すると、その時点の出力信号Yのレベルがサンプリングされる。そして被測定物16を光軸と直交する方向へ移動させると、被測定物16の表面の変位に応じて、変位信号 $S_{15}$ は図7(a)に示すように階段状に変化して、変位信号 $S_{15}$ のレベルと、被測定物16の表面の変位とが対応する。そのため出力信号Yのレベルをサンプリングすれば、出力信号Yのレベルに応じて被測定物16の変位を高精度に測定できる。

【0028】また、対物レンズ15を振動させておいて、合焦点が生じた時点の出力信号Yのレベルをサンプリングして被測定物16の表面の変位を測定するから、その変位を高速度に測定できる。

【0029】図8は演算部20の他の構成を示すブロック

図である。出力信号Xはピーク検出回路40へ入力され、ピーク検出回路40から出力されるピーク検出信号 $S_{16}$ は第1のカウンタ41へ入力され、そのカウント値は演算回路42へ入力される。一方、出力信号Yはゼロクロス検出回路43へ入力され、ゼロクロスを検出したゼロクロス検出信号 $S_{17}$ は第1のカウンタ41及び第2のカウンタ44へ与えられる。カウンタ44のカウント値は演算回路42へ入力される。

【0030】そして演算回路42から演算結果たる位相信号 $S_{18}$ が出力され距離変換部50へ入力されるようになっている。カウンタ41はラッチ部を備えており、カウント値を2回ラッチでき、ゼロクロス検出信号 $S_{17}$ によりカウント値がクリアされるようになっている。カウンタ44はラッチ部を備えており、カウント値を1回ラッチでき、ゼロクロス検出信号 $S_{17}$ によりカウント値がクリアされるようになっている。

【0031】次にこのように構成した演算部を用いた場合の変位計の動作を、出力信号Y、ピーク値検出信号 $S_{16}$ 及びゼロクロス検出信号 $S_{17}$ のタイミングチャートを示す図9とともに説明する。いま、対物レンズの位置(振幅)に応じた図9(a)に示す出力信号Yがゼロクロス検出回路43へ入力されると、出力信号Yのゼロクロス時点が検出されて、ゼロクロス検出回路43から図9(c)に示すゼロクロス検出信号 $S_{17}$ が出力される。それによりカウンタ41、44のカウント値がクリアされ、続いてカウンタ41、44はカウント動作を開始して時間をカウントしていく。そしてカウンタ44は、1回目のゼロクロス検出信号 $S_{17}$ が与えられた時点から2回目のゼロクロス検出信号 $S_{17}$ が与えられる時点までの時間、つまり出力信号Yの1周期の時間 $t_1$ をカウントしてそのカウント値をラッチ部にラッチさせる。

【0032】一方、被測定物16に合焦点が生じたときに得られる出力信号Xがピーク検出回路40へ入力されると、ピーク検出回路40は出力信号Xのピーク値を検出し、ピーク検出信号 $S_{16}$ を出力してカウンタ41へ入力する。これによりカウンタ41は1回目のピーク検出信号 $S_{16}$ が入力された時点までのカウント値 $t_1$ をカウンタ41のラッチ部にラッチさせる。更に2回目のピーク検出信号 $S_{16}$ が入力された時点までのカウント値 $t_2$ をカウンタ41のラッチ部にラッチさせる。このようにしてラッチしたカウント値 $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ を演算回路42へ入力する。それにより、演算回路42は入力されたカウント値 $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ により、 $\sin^{-1}(t_1/t_2)$ 及び $\sin^{-1}(t_2/t_3)$ を演算してピーク検出信号 $S_{16}$ の出力時点の出力信号Yの位相を算出する。

【0033】このように算出した出力信号Yの位相は被測定物16に合焦点が生じた時点の出力信号Yのレベル、つまり対物レンズ15の位置に対応する。そして、演算結果である位相信号 $S_{18}$ が演算部20(演算回路42)から出力されて距離変換部50へ入力され、距離に変換して被測

定物16の表面の変位を測定する。このようにして出力信号Xのピーク値を検出した時点の出力信号Yの位相を求めても被測定物16の表面の変位を測定できる。

【0034】なお、被測定物16からの反射光をピンホール17aを透過してホトダイオード18へ入射させた場合には、潜り光又は迷光によって被測定物16の光投射位置に光の拡がりが生じていても、合焦点が生じたときの強い光のみがホトダイオード18に入射し、潜り光及び迷光による反射光により、ホトダイオード18の受光出力が変化することがなく被測定物の表面の変位を誤差を与えずに測定できる。

【0035】次に、被測定物16に例えばガラス板を用いた場合には、ガラス板に投射した光は対物レンズ15と対向しているガラス板の表面と裏面とで反射して図10に示すようにピーク値が高い出力信号 $X_1$ 、 $X_2$ が相前後して得られて演算部20へ入力される。ここで演算部20に図8に示す回路を用いている場合は、出力信号 $X_1$ 、 $X_2$ のピーク値を検出した時点の出力信号Yの位相を夫々演算して、その位相差を算出することにより、ガラス板の厚みを測定できる。しかし、ガラス板にはガラス固有の屈折率が存在するから裏面で反射した光に対応する出力

$$\{ \sin^{-1}(t_{12}/t_0) - \sin^{-1}(t_{11}/t_0) \} \times n \quad \dots(2)$$

$$= \{ \sin^{-1}(t_{13}/t_0) - \sin^{-1}(t_{14}/t_0) \} \times n \quad \dots(3)$$

【0037】そして、算出した位相差を示す位相差信号を距離変換部50へ入力して、位相差信号に対応した距離に変換して透光性の被測定物16の厚みを測定できる。なお、出力信号 $X_1$ 、 $X_2$ の出力時点に対応する出力信号Yの位相は、その振幅に対応しているから、出力信号 $X_1$ 、 $X_2$ の出力時点の出力信号Yの振幅を捉えてその振幅の差を算出しても被測定物の厚みを同様に測定できる。

【0038】図11は加振部の他の実施例を示す構成図である。音叉21の一側長寸部の外側面及び他側長寸部の外側面夫々に圧電素子CMを固着しており、この圧電素子CMに電圧を印加することにより音叉21を振動させることができる。

【0039】図12は加振部の更に他の実施例の構成図である。音叉21の一側長寸部の先端には対物レンズ15の周縁部分を取付けており、他側長寸部の先端には対物レンズ15と同一光軸上に配置したコリメートレンズ14の周縁部分を取付けている。そして対物レンズ15及びコリメートレンズ14をともに振動させ得ようになっている。このようにすると音叉21の一側長寸部と他側長寸部との重量を平衡させ得て、音叉を効率良く振らせることができる。

【0040】図13は光絞部17の他の実施例の構成図である。所定長で直線状に開設したスリットSLTとなっており、スリットSLTの開口幅はピンホール17aの直径と略同寸に形成されている。このようなスリットSLTを用いた場合は、被測定物からの反射光が若干余分に通過し

信号 $X_1$ は、あたかもガラス板の厚みが実際の厚みより薄いかの如き振舞いをするので、ガラスの屈折率nを用いて補正すれば、ガラス板の厚みを正確に測定できることになる。

【0036】そしてこのような出力信号 $X_1$ 、 $X_2$ は出力信号Yの所定振幅位置で相前後して得られる。そこで図8におけるカウンタ44により、図10に示すように出力信号Yの1周期の時間 $t_0$ をカウントし、一方、カウンタ41により、第1回目の出力信号 $X_1$ の極大値時点から出力信号Yのゼロクロス時点までの時間 $t_{11}$ と、ゼロクロス時点から第2回目の出力信号 $X_2$ の極大時点までの時間 $t_{12}$ とを、カウントするか、あるいはゼロクロス時点から次のゼロクロス時点の直前で発生する第1回目の出力信号 $X_1$ の極大時点までの時間 $t_{13}$ と、そのゼロクロス時点の直後に発生する第2回目の出力信号 $X_2$ の極大時点までの時間 $t_{14}$ とをカウントしてラッチし、それらのカウント値 $t_0$ 、 $t_{11}$ 、 $t_{12}$ 、 $t_{13}$ 、 $t_{14}$ を用いて次式により、出力信号 $X_1$ 、 $X_2$ の出力時点に対応する出力信号Yの位相及びその位相差を算出し、算出した位相差に屈折率nを乗じて位相差信号を得る。

受光部の受光性能が僅かに低下するが、被測定物からの特定の反射光を通すための組立時における位置調整が容易になる。

【0041】

【発明の効果】以上詳述したように、第1発明によれば、対物レンズを光軸方向に振動させておいて、被測定物に投射した光の合焦点が被測定物上に生じた時点の対物レンズの位置を捉えて、被測定物の表面の変位を測定するから、変位を高精度、高速度に測定できる。また光絞部を用いているので被測定物で生じる潜り光及び迷光による反射光が生じていても、変位の測定値に誤差が生じない変位計が得られる。

【0042】第2発明によれば、発光部の出射光を対物レンズを通して被測定物に投射し、対物レンズを光軸方向に振動させて、被測定物に投射した光の合焦点が被測定物上に生じた時点の対物レンズの位置を捉えて、捉えた位置により被測定物の表面の変位を測定するから、変位を高精度、高速度に測定できる変位測定方法を提供できる。

【0043】第3発明によれば、対物レンズを光軸方向に振動させておいて、対物レンズと対向している透光性で板状の被測定物の両面夫々からの反射光が相前後して2回生じた夫々の時点の対物レンズの位置に関連した検出位置信号を捉えて、捉えた検出位置信号の差により、被測定物の厚みを測定できる厚み計が得られる、等の優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る変位測定方法の原理の説明図である。

【図 2】対物レンズの振幅を示す信号の波形図である。

【図 3】合焦点が生じたときの受光部の受光量変化と、対物レンズの振幅との関係を示す波形図である。

【図 4】本発明に係る変位計の模式的構成図である。

【図 5】演算部の構成を示すブロック図である。

【図 6】演算部における各部信号のタイミングチャートである。

【図 7】演算部における各部信号のタイミングチャートである。

【図 8】演算部の他の構成を示すブロック図である。

【図 9】図 8 に示す演算部における各部信号のタイミングチャートである。

【図 10】ガラス板に光を投射したときの演算部における各部信号のタイミングチャートである。

【図 11】加振部の他の実施例を示す構成図である。

【図 12】加振部の他の実施例を示す構成図である。

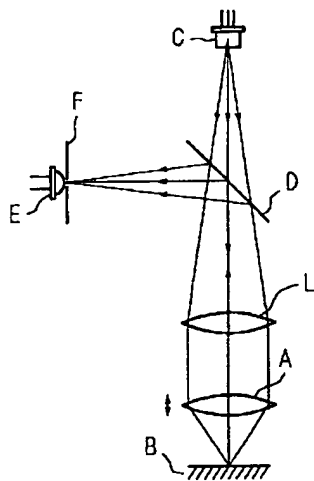
【図 13】光絞り部の他の実施例を示す構成図である。

【図 14】従来の非接触変位計の模式的構成図である。

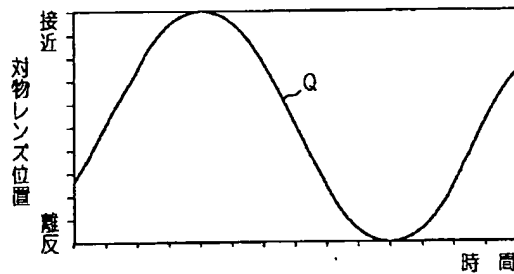
【符号の説明】

- 12 レーザダイオード
- 14 コリメートレンズ
- 15 対物レンズ
- 16 被測定物
- 17 光絞り部
- 18 ホトダイオード
- 20 演算部
- 21 音叉
- 22 音叉振幅検出器
- 24 ソレノイド

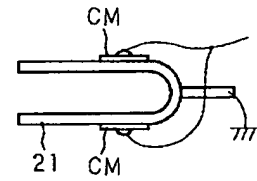
【図 1】



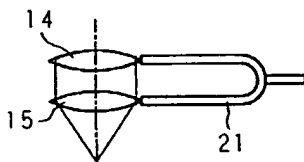
【図 2】



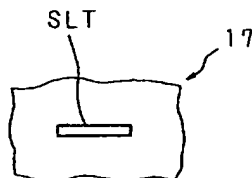
【図 11】



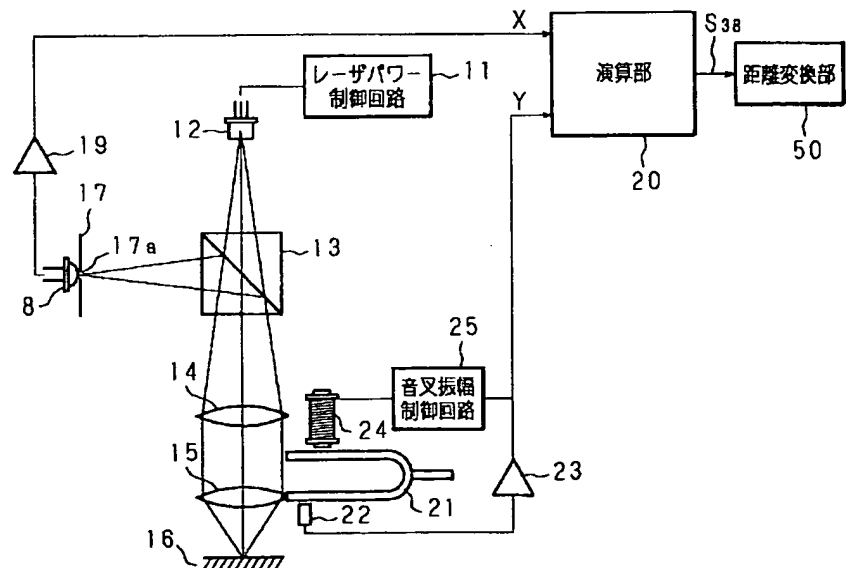
【図 12】



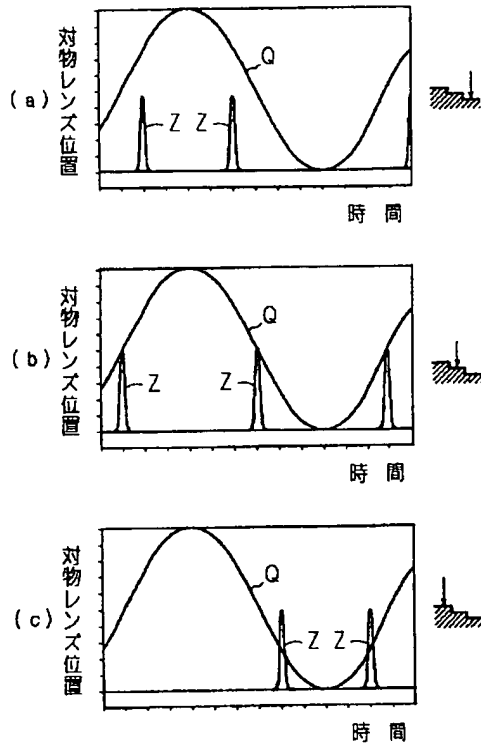
【図 13】



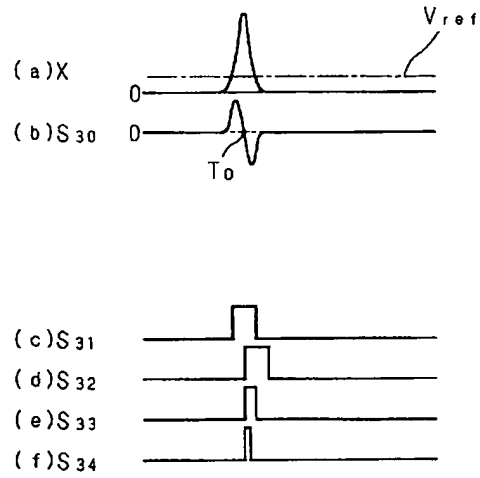
【図 4】



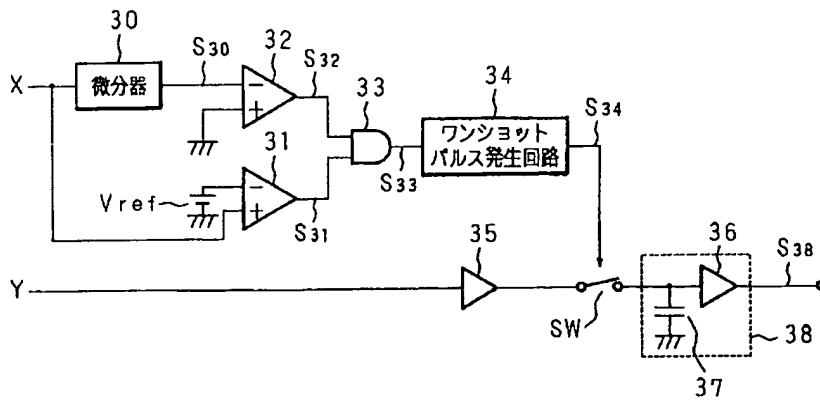
【図3】



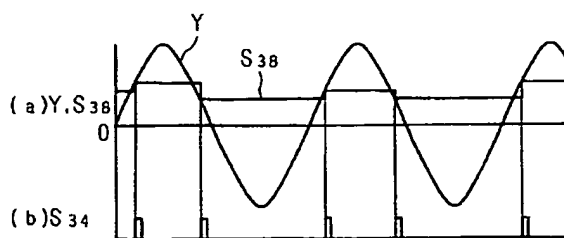
【図6】



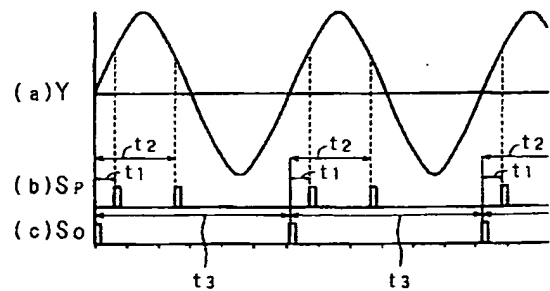
【図5】



【図7】

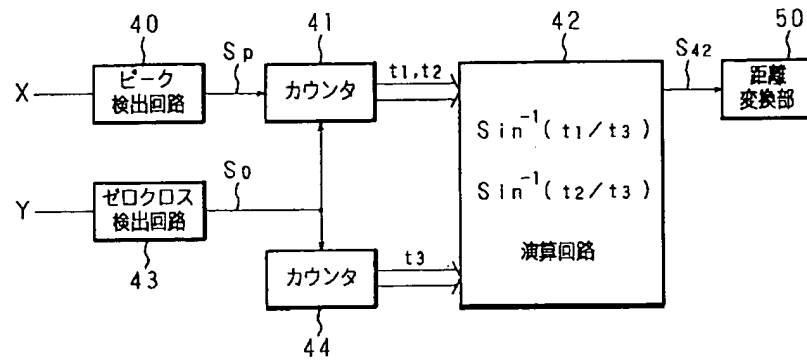


【図9】

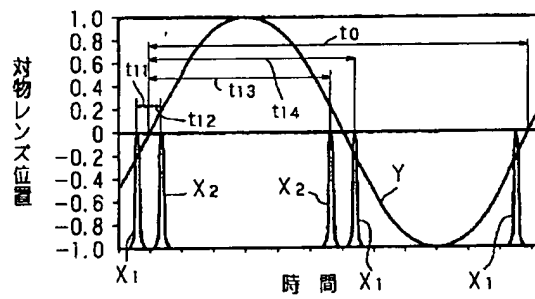




【図 8】



【図 10】



【図 14】

